



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11344339 A**(43) Date of publication of application: **14.12.99**(51) Int. Cl. **G01C 17/38**(21) Application number: **10151111**(22) Date of filing: **01.08.98**(71) Applicant: **FURUNO ELECTRIC CO LTD**(72) Inventor:
SATO SADAO
MAENO HITOSHI
WADA HIDEJI(54) **ELECTROMAGNETIC COMPASS**

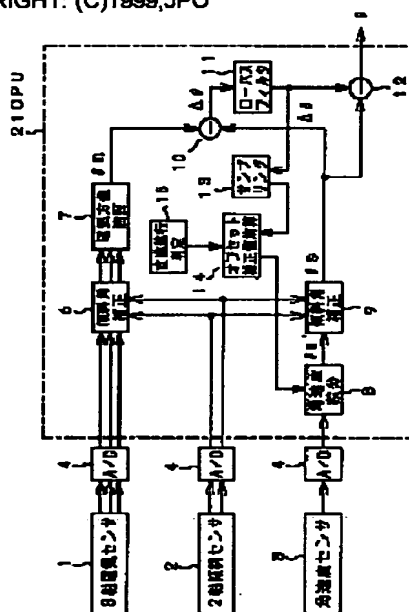
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To improve accuracy and response characteristics by correcting an orientation deviation at an integrated orientation by a magnetic orientation having a good accuracy as seen for a long time.

SOLUTION: Signals respectively detected by a three-axis magnetic sensor 1, a two-axis tilt sensor 2 and an angular velocity sensor 3 are digitally converted by A-D converters 4. A tilt angle correcting circuit 6 obtains components of horizontal and vertical directions from geomagnetisms of X- to X-axis directions detected by the sensor 1 based on a tilt angle detected by the sensor 2. A magnetic orientation calculator 7 obtains a present magnetic orientation θ_m from the geomagnetisms of the horizontal and vertical directions. An angular velocity integrator 8 outputs an integrated orientation θ_s from an angular velocity detected by the sensor 3. A tilt angle correcting circuit 9 obtains an integrated orientation θ_s of the horizontal direction from the orientation θ_s based on the tilt angle detected by the sensor 2. A differential circuit 10 obtains a difference $\Delta\theta$ between the orientation θ_m and the orientation θ_s . A subtracter 12 subtracts a

difference from an LPS 11 from the orientation θ_s including the difference $\Delta\theta$ to obtain an output orientation θ as the electromagnetic compass.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-344339

(43) 公開日 平成11年(1999)12月14日

(51) Int.Cl.⁸
G 0 1 C 17/38

識別記号

F I
G 0 1 C 17/38

S

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-151111

(22) 出願日 平成10年(1998) 6 月 1 日

(71) 出願人 000166247

古野電気株式会社
兵庫県西宮市芦原町 9 番52号

(72) 発明者 佐藤 定雄

兵庫県西宮市芦原町 9 番52号 古野電気株式会社内

(72) 発明者 前野 仁

兵庫県西宮市芦原町 9 番52号 古野電気株式会社内

(72) 発明者 和田 秀二

兵庫県西宮市芦原町 9 番52号 古野電気株式会社内

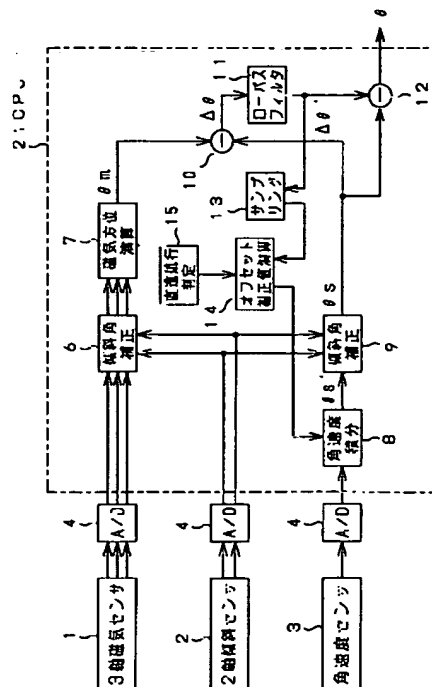
(74) 代理人 弁理士 青山 葆 (外 1 名)

(54) 【発明の名称】 電子磁気コンパス

(57) 【要約】

【課題】 地磁気センサを用いた電子磁気コンパスでは、短周期のふらつきが含まれるために精度が良くない。

【解決手段】 磁気方位は、ふらつきが長い時間で見れば検出精度は良く、積分方位は、短い時間で見れば応答性は良いが長い時間でみれば精度が悪い。そこで、積分方位における方位ずれを、長い時間で見れば検出精度の良い磁気方位で補正する。磁気方位のデータから、長い時間で見たとときの方位を取り出すために、ローパスフィルタを採用するが、このローパスフィルタの挿入により新たに発生する誤差に対しては、角速度を積分する際の基準値をオフセットすることで対処する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 地磁気の計測により磁気方位 θ_m を検出する磁気方位計と、鉛直方向を軸とする角速度を検出し、その積分値から積分方位 θ_s を出力する積分方位計と、磁気方位 θ_m と積分方位 θ_s との差分 $\Delta\theta$ を求める差分手段と、前記磁気方位 θ_m に含まれる短周期のふらつきを除去するために、前記差分手段の出力側に設けたフィルタと、前記積分方位計 θ_s からフィルタの出力値 $\Delta\theta'$ を減じて出力方位 θ を得る減算手段とを備えたことを特徴とする電子磁気コンパス。

【請求項2】 上記フィルタ通過に伴う誤差($\Delta\theta - \Delta\theta'$)を補正すべく、直進航行時に、上記 $\Delta\theta'$ をサンプリングし、 $\Delta\theta$ を示す直線の傾きから、角速度を積分する際の基準値をオフセットさせる値を演算するオフセット値演算手段を備え、所定の時間毎にオフセットを行う請求項1記載の電子磁気コンパス。

【請求項3】 上記のフィルタに替えて、磁気方位計と積分方位計とそれぞれの出力側にフィルタを挿入した請求項1または2に記載の電子磁気コンパス。

【請求項4】 上記磁気方位計は、3軸磁気センサ(1)と、傾斜センサ(2)と、3軸磁気センサで検出された3軸方向の各地磁気を、傾斜センサで検出した傾斜データに基づき、水平方向および垂直方向の成分を求める磁気方位演算手段(7)とを含む請求項1～3のいずれかに記載の電子磁気コンパス。

【請求項5】 地磁気の計測により磁気方位 θ_m を検出する磁気方位計と、鉛直方向を軸とする角速度を検出し、その積分値から積分方位 θ_s を出力する積分方位計とを備え、積分方位 θ_s の値を磁気方位 θ_m の値で補正して出力方位 θ を得る電子磁気コンパスであって、船が旋回する過程において、磁気方位 θ_m が所定のサンプル角度に達する毎に、そのときの時間 t_i および積分方位 θ_s を記憶すると共に1周したときの時間 t_z および積分方位 θ_{degz} を記憶し、積分方位の誤差を示す傾き a を、

$$a = (\theta_{degz} - 360) / t_z$$
より求め、この a を用いて磁気方位 θ_m に対する真の方位 T_{degi} を求め、 $T_{degi} - \theta_m$ から、各磁気方位 θ_m における方位誤差を求め、方位補正テーブルを作成することを特徴とする電子磁気コンパス。

【請求項6】 上記各磁気方位 θ_m における方位誤差の成分を、高速フーリエ変換および逆高速フーリエ変換の手法を用いて処理することにより、前記方位誤差 θ_m に含まれるふらつき誤差を排除し、そのデータに基づき方位補正テーブルを作成する請求項5記載の電子磁気コンパス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、磁気センサ等を用いた電子磁気コンパスに関する。

【0002】

【従来の技術】船用機器にはオートパイロット(自動操舵)装置や物標監視用のレーダ等があり、これらのいずれの機器も自船の方位を知るための方位計が用いられている。船用の方位計としては、ジャイロコンパス、マグネットコンパスおよび最近では電子磁気コンパスも使用されるようになっている。この船用方位計には、車載用カーナビゲーションに用いられているものと違って格段に高い精度と応答特性が要求される。即ち、陸上のカーナビゲーションにおいては、マップマッチング技術を併用できるために方位計自身にはそれ程に高い性能を必要としないのに対して、船用の方位計では、それ自身で所定の精度を満たさなくてはならないからである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら従来の電子磁気コンパスでは、後で示すように、磁気の外乱等の影響により検出方位にふらつきが多く含まれるため、短い時間内での精度が悪く(応答性が悪く)、特にレーダ等への適用は困難であった。

【0004】従って本発明は、高精度でかつ応答特性の良い電子磁気コンパスを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】図6は、船舶の直進時における各方位計の出力を示した図であり、①は、電子磁気コンパスで検出された磁気方位、②は、積分方位計で検出された積分方位を示す。この積分方位計とは、鉛直方向を軸とする角速度(図12参照)を検出し、それを積分して積分方位として得るものである。③は、磁気方位①および積分方位②との比較のための真値を示すものとしてジャイロコンパスによる検出方位(ジャイロ方位)を示している。いずれの検出方位においても似通った大きな振幅Pが含まれるがこれは、船体の動揺(ロールおよびピッチ)によるものである。この動揺成分を取り除くために、磁気方位①からジャイロ方位③を差し引くことにより、動揺成分を排除した磁気方位を11に示し、同様に積分方位②からジャイロ方位③を差し引いた積分方位を12に示す。

【0006】この磁気方位11は、ほぼ一定の方位を示すが短周期のふらつきQが含まれており、これが短周期での精度及び応答特性を低くしている。一方、積分方位12は、そのようなふらつきQは含まれず、従って応答性は良いが、角速度センサを用いる場合には積分時の誤差(積分誤差)が累積されるために直線的に増大している。尚、船が航行方位を変化させているような場合には、方位変化に伴う感度誤差(方位誤差)も含まれるが、ここでは直進航行の場合であるためその方位誤差は考慮しなくてもよい。

【0007】このように、磁気方位の検出精度は、短い時間で見れば悪いが長い時間で見れば良く、一方、積分方位の検出精度は、短い時間で見れば良いが長い時間で

みれば悪い。本発明は、積分方位 θ_s における方位ずれを、長い時間で見れば精度の良い磁気方位 θ_m で補正することにより、積分方位本来の短時間での精度の良さを確保した上で長い時間での精度をも高めようとするものである。

【0008】磁気方位 θ_m のデータから短周期のふらつきを排除して、長い時間で見たとときの正確な方位を取り出すためにローパスフィルタを用いた。このようにして得た正確な磁気方位と積分方位との差分 $\Delta\theta$ が、積分方位における長い時間でみたとときの方位誤差に相当する。従って、元の積分方位 θ_m から差分 $\Delta\theta$ を差し引くことで長い時間でみても方位ずれのない積分方位 θ が得られる。

【0009】しかしこのローパスフィルタを回路に挿入したことにより、ローパスフィルタ通過に伴う遅延時間が生じ、これが新たに誤差を発生させていることが判明した。そこで本発明では、角速度を積分する際の基準値をオフセットすることにより、その誤差を相殺してより正確な方位を得るようにした。

【0010】本第2発明は、磁気センサにおける方位方向の誤差を補正する電子磁気コンパスを提供する。真の方位 T_{degi} がわかれば、その方位で得られた磁気方位 θ_m との差分を求めることにより、磁気センサの方位方向での誤差がわかる。その方位方向での誤差をテーブル化しておけば、実際の運用時に検出した磁気方位をテーブルで補正することにより正確な磁気方位を得ることができる。しかしながら真の方位を知ることは容易ではない。本発明では、真の方位 T_{degi} を知るために、角速度センサによる積分方位 θ_s を用いるようにしたが、上述のように、この積分方位 θ_s 自身に方位誤差を含む。従って本システムで得られる出力方位 θ にも誤差が含まれることになるが、この出力方位 θ の値から船が1旋回したことは正確に知ることができる。そこで、船が1旋回したときの積分方位の変化量から 360° を差し引くことにより、1旋回の間に生じた積分方位の誤差がわかり、この誤差は一次直線で示されることから、各積分方位における誤差を求めることができ、よって各積分方位 θ_s における真の方位 T_{degi} を得ることができる。

【0011】尚、上記各磁気方位 θ_m にはふらつきが含まれるため、上記誤差にもふらつきが含まれることになる。このふらつきを排除するために、本発明では、前記誤差の成分を、高速フーリエ変換および逆高速フーリエ変換の手法を用い、ふらつきを排除した誤差のデータから方位補正テーブルを作成している。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の1実施形態を示した制御ブロック図である。1は、3軸磁気センサであり、X軸、Y軸およびZ軸とにそれぞれ配された3組の検出コイルを備える。2は、動揺成分としてピッチおよびロールを検出する2軸傾斜センサであり、ここで

は、傾斜による液面変化をその液面から突き出た複数本のキャパシタプレート相互間の静電容量変化から自身の傾斜(ピッチおよびロール)を計測する仕組みの傾斜センサを用いた。

【0013】3は、垂直方向の軸に対する角速度を検出する角速度センサであり、圧電ジャイロ、振動ジャイロ、レートジャイロあるいは音叉ジャイロといったものがある。4は、各センサ1、2、3で検出された信号をデジタル変換するA/D変換器である。

【0014】6は、傾斜角補正回路であり、2軸傾斜センサ2で検出した傾斜角に基づき、3軸磁気センサ1で検出されたX、YおよびZ軸方向の地磁気から水平方向 X_0 、 Y_0 および垂直方向 Z_0 の成分を求める。7は、水平方向および垂直方向の地磁気から現在の方位(磁気方位) θ_m を求める磁気方位計算回路である。

【0015】8は、角速度センサ3で検出された角速度を積分することで方位(積分方位) θ_s を出力する角速度積分回路である。9は、2軸傾斜センサ2で検出した傾斜角に基づき、現傾斜時の積分方位 θ_s から水平方向における積分方位 θ を求める傾斜角補正回路である。

【0016】磁気方位演算回路7より得られる磁気方位 θ_m および傾斜角補正回路9より得られる積分方位 θ_s は、元来、同一の方位を示すものであるが、角速度センサ3よりの角速度を積分する際に生じる積分誤差のために、両者の方位に差が生じる。10はその差分 $\Delta\theta$ を求める差分回路である。

【0017】前記磁気方位 θ_m には短周期のふらつきが含まれているため、差分 $\Delta\theta$ にもふらつきが含まれる。11は、そのふらつきを除去するためのローパスフィルタである。12は、積分誤差 $\Delta\theta$ を含む積分方位 θ_s からローパスフィルタ11よりの差分を減じることで積分誤差を除去して、本電子磁気コンパスとしての出力方位 θ を求める減算回路である。

【0018】ところで、外乱による方位のふらつきのみを有効的に除去すべく、ローパスフィルタ11の定数を求めている過程で、ローパスフィルタ11を挿入したことにより新たに誤差が生じていることを見出した。即ち、ローパスフィルタ11の出力を $\Delta\theta'$ とすると、ローパスフィルタ11で生じる時間遅延により、 $\Delta\theta \neq \Delta\theta'$ となる。従って誤差 $\Delta\theta$ を含む積分方位 θ_s から差分 $\Delta\theta'$ を差し引いても、更に $(\Delta\theta_s - \Delta\theta' = \Delta\theta_0)$ の誤差が残ることによる。14は、この誤差 $\Delta\theta_0$ を排除するために設けたオフセット補正值演算回路であり、サンプリング回路13でサンプリングされたローパスフィルタ11の出力 $\Delta\theta'$ に基づき、前記角速度積分回路8に対して積分時の基準値をオフセットさせるためのオフセット補正值を与える。但しこのオフセット補正は、船が1方向に航行していることが前提となっており、15は、方位出力 θ の変化から船が直進航行しているかを

判定する直進航行判定回路である。以上述べた各要素6～15は、実際の装置においてCPU21で実現される。

【0019】以上で本発明の構成とそのおおまかな動作を説明したが、本発明でポイントとしているオフセット補正を以下詳しく述べる。図2は、ローパスフィルタ11における“入力”に対する“出力”の応答特性を示し、“誤差”は両者間の差分を示したものである。この誤差の変化率を示した“誤差微分値”であり、“誤差静定時間”後は、誤差微分値がほぼ一定のため、誤差もほぼ一定値となっている。このような定常誤差に起因する方位出力 θ における誤差は、図3に示されるように時間と共に増加するランプ関数となり、次式で示される。

$$y(t) = a \cdot t$$

a は、誤差関数の比例定数であり、ある t_s 時間あたりの積分方位誤差 $\Delta dwdeg$ は次式(1)で与えられる。

$$\Delta dwdeg = a \cdot t_s \quad \cdots(1)$$

となる。

【0020】一方、 t_s 時間あたりの積分方位量 $Sdeg$ は、図3における斜線部の面積で与えられ、次式(2)で示される。

$$dwdeg = (s - deg0) \cdot t_s \cdot k \quad \cdots(2)$$

s : t_s 間の角速度平均値

$deg0$: 基準値

k : 角速度センサの感度

【0021】この(2)式は、前述の時間遅延を考慮していないため、 $dwdeg$ には、誤差 $\Delta dwdeg$ を含む。この誤差 $\Delta dwdeg$ を相殺できるような基準値 $degr$ を新たに設定すると、このときに求められるの積分方位量 $dwdeg'$ は、次式(3)で示される。

$$dwdeg' = (s - degr) \cdot t_s \cdot k \quad \cdots(3)$$

ここで、 $dwdeg - dwdeg' = \Delta dwdeg$ の関係から、 $degr - deg0 = a/k$ が得られる。この $degr - deg0 = \varepsilon deg0$ をオフセット補正值とし、積分時に、前記基準値 $deg0$ を $\varepsilon deg0$ だけオフセットすれば、前記時間遅延による積分誤差を排除できる。

【0022】次に実際に行われる方位補正の動作を図4のフローチャートを参照して説明する。まず、船を1方向に航行させた状態でステップS1でローパスフィルタ11が初期化された後、ステップS2にて、ローパスフィルタ11の出力がサンプリング回路13によってサンプリングされ、直近15秒分のサンプリングデータが常に蓄えられる。ステップS3ではローパスフィルタ11の初期化後60秒経過したかが判定され、60秒以内であればステップS2に戻りサンプリングを継続するが60秒を経過している時はステップS4に進む。

【0023】ステップS4では、本装置の方位出力 θ から航行方位の変化が検出され、ステップS5では、直進航行判定回路15によって直進の航行であるかが判定される。ここでの方位検出には直進航行が前提となってい

るため、直進でないと判定されたときはステップS2に戻り、データのサンプリングを最初からやり直すが、直進航行のときはステップS6に進み、前述したような内容に従ってオフセット補正值が計算され、ステップS7にて、角速度積分回路8における積分基準値がオフセットされる。その後はステップS1に戻ることににより、積分基準値の補正は、直進航行時、1分毎に行われる。ここでローパスフィルタの初期化からオフセット補正までに1分を設定したのは、図2で誤差を一定値(つまり図3の積分誤差における傾き a を一定値)にならしめるための措置である。

【0024】図7はローパスフィルタ11に適した帯域特性を持たせた時の出力方位 θ を示す。①～③および11は図6のものと同じである。13が本装置で得られた積分方位 θ であり、ほぼ一定の方位を示し、かつ、磁気方位11に含まれていた短周期のふらつきも排除されている。つまり、図6の積分方位12において、方位が直線的にずれるという欠点が解消されている。

【0025】本実施形態では、磁気センサに3軸のものをを用い、それに2軸傾斜センサを組み合わせた、センサ自身を常に水平に保持する機構(例えばジンバル機構)を持つ場合、磁気センサはX軸およびY軸の検出コイルからなる2軸のものでよく、2軸傾斜センサも不要である。

【0026】又、本実施形態では、磁気方位 θ_m に含まれる短周期のふらつきを除去するために、ローパスフィルタ11を差分回路10の出力側に設けたが、図5に示すように、磁気方位演算回路7の出力側に設けてもよい。但し、この場合、差分回路10の入力側で、両方位で時間のずれが生じるので、傾斜角補正回路9の出力側にも同じ特性のフィルタを挿入する。

【0027】以上述べた発明は、磁気センサおよび角速度センサによるハイブリッドタイプの電子磁気コンパスにおいて、角速度を積分する際の積分誤差を補正するものであったが、本第2発明は、磁気センサ1における方位方向で生じる感度誤差を補正するものであり、図8にそのブロック構成を示す。この図8では磁気方位 θ_m における方位方向の誤差を補正するための方位補正データを格納した方位補正テーブル16が新たに備えられている。この方位補正テーブル16の作成を図9のフローチャートを参照して説明する。

【0028】船を例えば時計回りに回転させる間に以下のステップを実行する。ステップS11では、本装置の出力方位 θ が 0° になったかが判定され、 0° になったとき、ステップS12で時間 t が0にリセットされる。次のステップS13では、磁気方位演算回路7より出力される磁気方位 θ_m がいずれかのサンプル角度 deg になったかが判定される。

【0029】本発明の実施形態では、後で高速フーリエ変換(FFT)を行うためにサンプル点数を128点して

いるためサンプル角度degは、 $360/128=2.8125^\circ$ のステップとなる。

$$\text{deg}_1 = 0$$

$$\text{deg}_2 = 2.8125$$

$$\text{deg}_3 = 5.625$$

:

$$\text{deg}_{128} = 357.1875$$

【0030】ステップS13において、磁気方位 θ_m がいずれかのサンプル角度degを示したとき、ステップS14に進み、表1のごとく、そのときの時間 t_i (この場合は t_1)と傾斜角補正回路9よりの積分方位 θ_{deg_i} (この場合 θ_{deg_1})が記憶される。尚、磁気方位 θ_m と出力方位 θ とで誤差により、最初に合致するサンプル角度deg₁がdeg₀($=0^\circ$)にならずに例えばdeg₃($=5.625^\circ$)となることもあるが、このような場合でも最終的には同じ補正結果が得られるので不都合はない。

【0031】ステップS15では、出力方位 θ が 360° を超えたか、つまり船が 360° 旋回したかが判定される。船の旋回が 360° 未満のときはステップ13に戻り、次のサンプリング角度でのデータ($t_2, \theta_{\text{deg}_2}$)を記憶するが、 360° を超えたときは、ステップ16に進み、一旋回した時の時間 t_{128} と積分方位 $\theta_{\text{deg}_i} + t_{127}$ (この場合、 $\theta_{\text{deg}_{128}}$)とが記憶される。

【0032】さて、あるts時間あたりの積分方位量 θ_{deg} は、上記(2)式において、積分基準値deg_rを0とし、角速度センサの感度kを($k+ek$)とすることにより、 $\theta_{\text{deg}} = s \cdot ts \cdot (k+ek) \dots (11)$

となる。ekは角速度センサで生じる誤差である。(11)式を書き換えると、

$$\theta_{\text{deg}} = (s \cdot k) ts + (s \cdot ek) ts \dots (12)$$

となり、この右式における第1項が真値成分、第2項が角速度センサ自身の誤差成分である。この誤差成分は、(1)式と同様に、 $a \cdot ts$ で示される。

$$\theta_{\text{deg}} = (s \cdot k) ts + a \cdot ts \dots (13)$$

この(13)から1旋回したときの積分方位 $\theta_{\text{deg}_{127}}$ は、“ $(s \cdot k) ts$ ”と、“ ts ”とに360、 t_{128} を代入して得られる。

$$\theta_{\text{deg}_{127}} = 360 + a \cdot t_{128} \dots (14)$$

これより、 $a = (\theta_{\text{deg}_{127}} - 360) / t_{128} \dots (15)$ が得られる。

【0033】図9に戻り、ステップS17では、(15)式を用いて、角速度センサの誤差を示す比例定数aが演算される。積分方位 θ_{deg_i} での真値方位をTdeg_iとすると、

$$Tdeg_i = \theta_{\text{deg}_i} - a \cdot t_i \dots (16)$$

が得られる。よって、各磁気方位deg_iでの方位誤差Errdeg_iは、

$$Errdeg_i = Tdeg_i - \text{deg}_i \dots (17)$$

で得られる。

【0034】ステップS18ではこの(16)式を用いて、

$\theta_{\text{deg}_1}, \theta_{\text{deg}_2} \dots \theta_{\text{deg}_{128}}$ の各積分方位における真値Tdeg₁、Tdeg₂...Tdeg₁₂₈が求められ、そして、(17)式により、各磁気方位deg_iにおける方位誤差Errdeg_iが求められる。

【0035】以上の各データの一覧を次表に示す。

【表1】

磁気方位：時間 積分方位 真の方位 方位誤差

$$\text{deg}_1 : t_1 \quad \theta_{\text{deg}_1} \quad Tdeg_1 \quad Errdeg_1$$

$$\text{deg}_2 : t_2 \quad \theta_{\text{deg}_2} \quad Tdeg_2 \quad Errdeg_2$$

$$\text{deg}_3 : t_3 \quad \theta_{\text{deg}_3} \quad Tdeg_3 \quad Errdeg_3$$

:

$$\text{deg}_{128} : t_{128} \quad \theta_{\text{deg}_{128}} \quad Tdeg_{128} \quad Errdeg_{128}$$

【0036】ところで上記の磁気方位 θ_m は、ふらつきのために正確ではないので、この θ_m 自身に補正が必要であり、本発明ではFFTを用いて行なっている。即ち、ステップS19では、まず、図10に示す“元の誤差分布”を参照することにより、周期13度程度の波形に振幅変調をかけて“元の誤差分布”のデータに重畳した。この“誤差を重畳した誤差分布”に対してFFTを用いて周波数軸上にパワースペクトルに分解する。

【0037】ステップS20では、FFT結果から高い周波数成分を取り除き、その後、逆FFTを行って図11のごとく磁気方位における誤差分布のデータを得る。

【0038】ステップS21では、図11の各磁気方位に対する誤差分布のデータが方位補正テーブル16に記憶される。

【0039】実際の運用時には、磁気方位演算回路7から出力された磁気方位 θ_m は方位補正テーブル16に取り込まれることにより、この方位補正テーブル16から補正された磁気方位が出力される。対応する磁気方位がテーブルにないときは、各磁気方位deg_iを検出した時間 t_i がわかっているため補間処理により随意的磁気方位に対する誤差を求めることができる。

【0040】図12は、本装置を自動操舵装置に適用した場合のシステム図を示している。本装置51で検出された積分方位、つまり船体方位と、指令方位との差が針路ずれ角演算回路52にて演算される。その針路ずれ角と舵角検出回路53で検出された現舵角とから舵の操作量が操舵角演算回路54にて演算される。その操作量に基づき、操舵制御装置55は、舵を油圧により駆動する操舵装置56に制御信号を送出する。

【0041】

【発明の効果】本発明は、短い時間で見れば応答性は良いが長い時間でみれば精度が悪い積分方位を、長い時間で見れば検出精度の良い磁気方位で補正したので、積分方位本来の短時間での精度の良さを保持した上で長い時間での精度を高めることができる。又、磁気方位のデータから、長い時間で見たとときの方位を取り出すために、ローパスフィルタを採用したが、このローパスフィルタの挿入により新たな誤差が発生するが、その誤差に対し

ては、角速度を積分する際の基準値をオフセットすることにより対処して、より正確な方位を得ている。本第2発明は、真の方位を知り、その真の方位から磁気センサにおける方位方向の誤差を求め、誤差テーブルを作成するものであり、真の方位 θ_{deg} を知るために、船を1回転させたときの積分方位量と 360° との差分から積分方位計での誤差を求め、その誤差に基づき各磁気方位に対する真の方位を求め、真の方位と磁気方位との差分から各磁気方位における誤差を求めている。尚、上記各磁気方位 θ_m にはふらつきが含まれるため、上記誤差にもふらつきが含まれることになる。このふらつきを排除するために、本発明では、前記誤差の成分を、高速フーリエ変換および逆高速フーリエ変換の手法を用い、ふらつきを排除した誤差のデータからより正確な方位補正テーブルを作成している。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の1実施形態を示した制御ブロック図

【図2】 図1のローパスフィルタにおける応答特性を示した図

【図3】 ローパスフィルタの挿入により発生する積分誤差を補正するためにオフセット補正值の算出法を示した図

【図4】 図1の装置の制御動作を示すフローチャート

【図5】 本発明の別の実施形態を示した制御ブロック図

【図6】 磁気方位および積分方位の特性図

【図7】 本発明で得られた積分方位の特性図

【図8】 本第2発明の実施形態を示した制御ブロック図

【図9】 図8の装置の制御動作を示すフローチャート

【図10】 FFTを行う過程を示した図

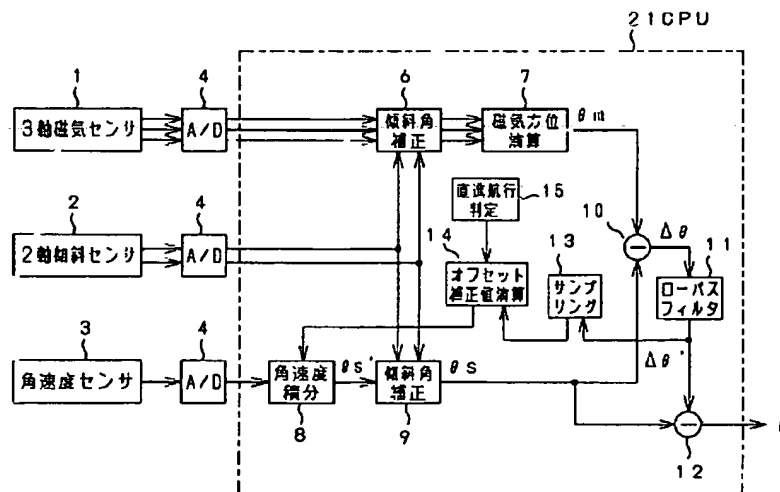
【図11】 FFTを行う過程を示した図

【図12】 本発明を自動操舵装置に適用したときのシステム図

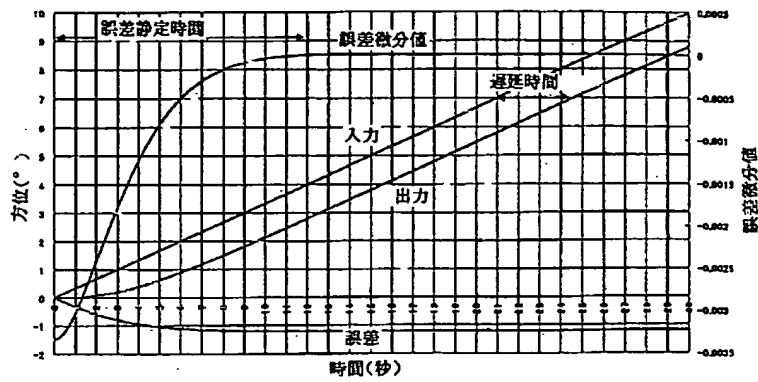
【符号の説明】

- 1 3軸磁気センサ
- 2 2軸傾斜センサ
- 3 角速度センサ
- 4 A/D変換器
- 6 傾斜角補正回路
- 7 磁気方位演算回路
- 8 角速度積分回路
- 9 傾斜角補正回路
- 10 差分回路
- 11 ローパスフィルタ
- 12 減算回路
- 13 サンプリング回路
- 14 オフセット補正值補正回路
- 15 直進航行判定回路
- 16 方位補正テーブル

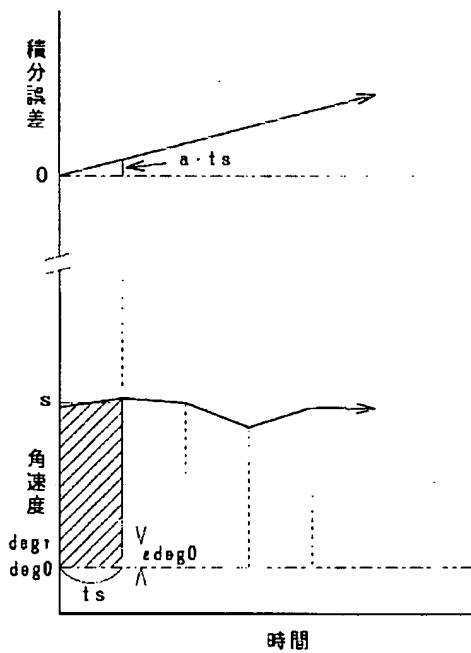
【図1】



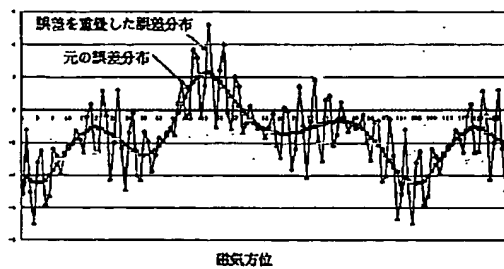
【図2】



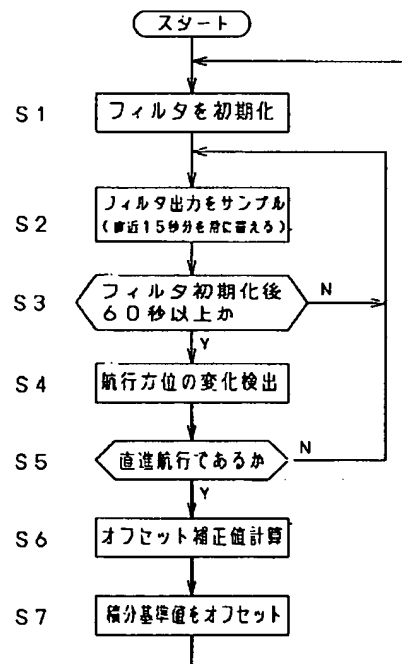
【図3】



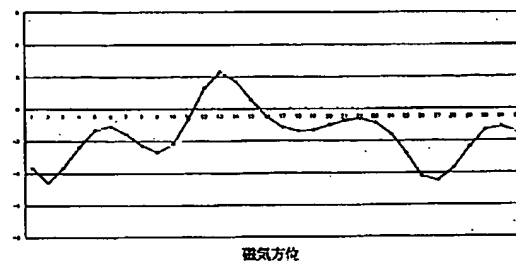
【図10】



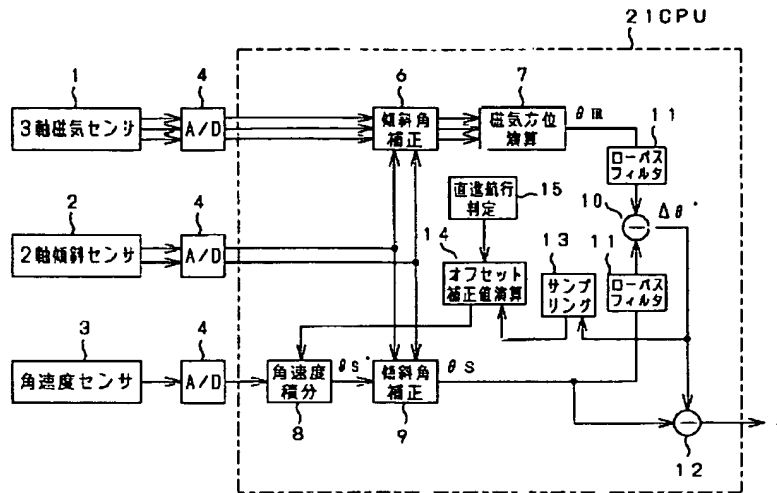
【図4】



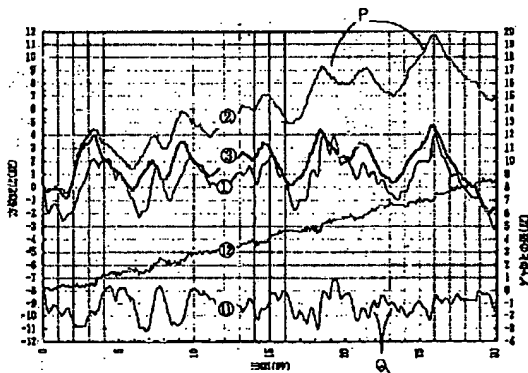
【図11】



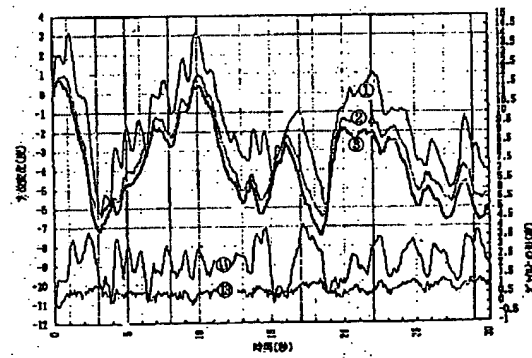
【図5】



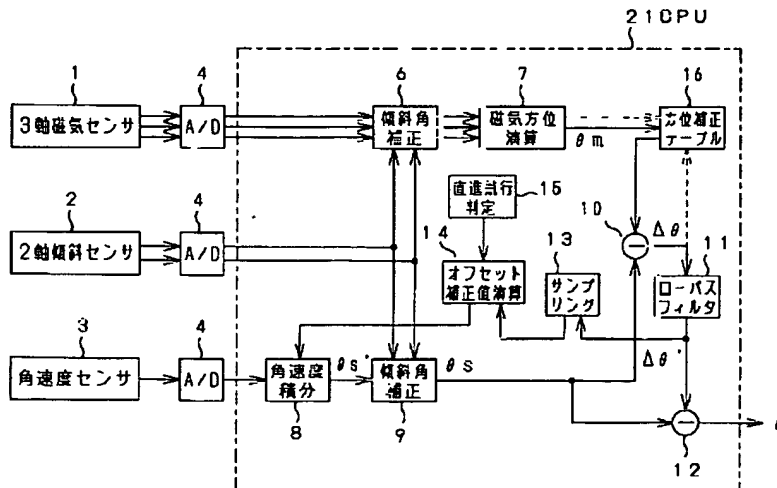
【図6】



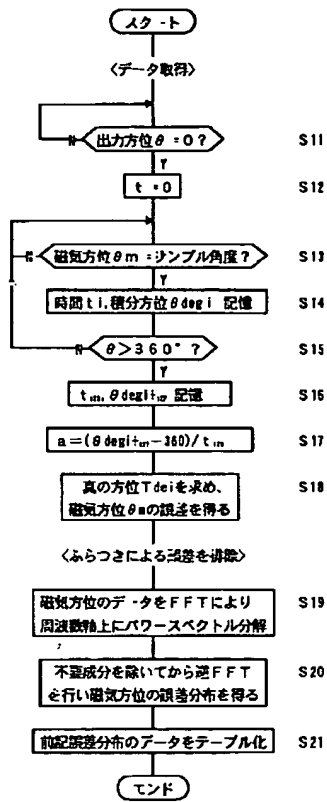
【図7】



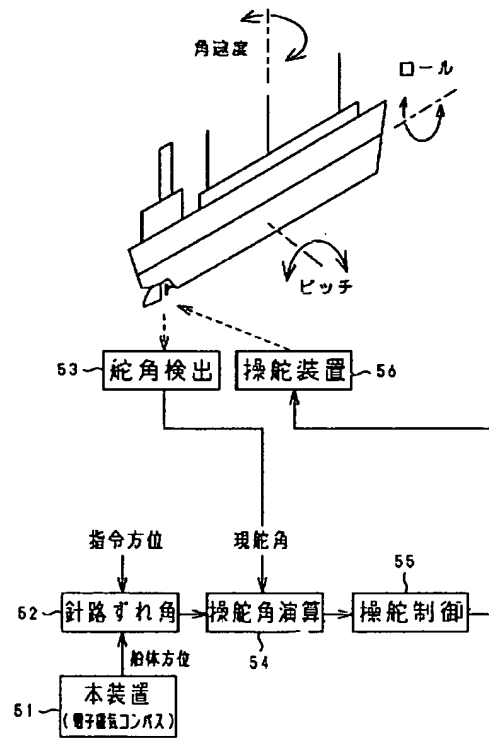
【図8】



【図9】



【図12】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.